



SZÉKFOGLALÓ ELŐADÁSOK A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁN

Békés Ferenc

A BÚZA „SÜTŐIPARI MINŐSÉG”  
FOGALMÁNAK ALAKULÁSA  
A KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG  
– A GABONAVEGYÉSZ SZEMÉVEL



Terintetes vagy 97  
 leendő székelybirtokosok 32. Ba egy székely  
 székelybirtokosok választott tag, a székelybirtokosok kivétel  
 székelybirtokosok tartozó dolgozat felolvasásával,  
 személyes megismerés érdekében székelybirtokosok  
 legfeljebb egy év alatt székelybirtokosok; székelybirtokosok  
 székelybirtokosok megismerésénél.  
 Székelybirtokosok, melyekben kivált székelybirtokosok  
 székelybirtokosok megismerésénél: de ha  
 székelybirtokosok megismerésénél, am

Legfeljebb egy év alatt vérté-  
stára megsemmisítően:  
Lehetett esetek, melyekben kivált vidéken la-  
gátoltak a határidőket megtartani: de hallga-  
elvéni a szabály meg nem tartatását, amellyel  
mint összes szabályzatunkat erőltetnek tekinteni  
következésképpen figyelmeztetni a T. Akadé-  
mikuságunkra.  
E körülménybe hozatik tehát, hogy egyetlen a  
szűrésbe hozatik tehát, hogy egyetlen a  
szűrésbe hozatik tehát, hogy egyetlen a

mint összes szavak  
következésére figyelemmel  
szükségtelen.  
Indoklásomban hozatik tehát, hogy egyelőre az  
1861. <sup>rends.</sup> 94. választott s szerfoglalás által meg nem  
tett <sup>rendes</sup> tagok nevei a névanyagból kitöröltesse, az 1861-  
évi választottak a pályára emelhetessék, jö-  
vőre pedig a titkár hivatatal oda utasítható, hogy  
evidenciában tartás végett az újban választottakat,  
míg szét nem foglalták, a sorozatba fel ne vegye."

Pigmond

l, jan. 26. 1865.

1. Baller's Moir  
 2. Lacy  
 3. Hollan Emige

853  
1865

13 Kennedy Ligon  
Montclair Lissly  
John Henry  
r. rag John Frank rag  
George Lissly

Békés Ferenc

A BÚZA „SÜTŐIPARI MINŐSÉG” FOGALMÁNAK  
ALAKULÁSA A KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG –  
A GABONAVEGYÉSZ SZEMÉVEL

SZÉKFOGLALÓK  
A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIAÁN

A 2013. május 6-án megválasztott  
akadémikusok székfoglalói

Békés Ferenc

A BÚZA „SÜTŐIPARI MINŐSÉG”  
FOGALMÁNAK ALAKULÁSA  
A KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG –  
A GABONAVEGYÉSZ SZEMÉVEL



Magyar Tudományos Akadémia • 2014

Az előadás elhangzott 2014. február 14-én

Sorozatszerkesztő: Bertók Krisztina

Olvasószerkesztő: Laczkó Krisztina

Borító és tipográfia: Auri Grafika

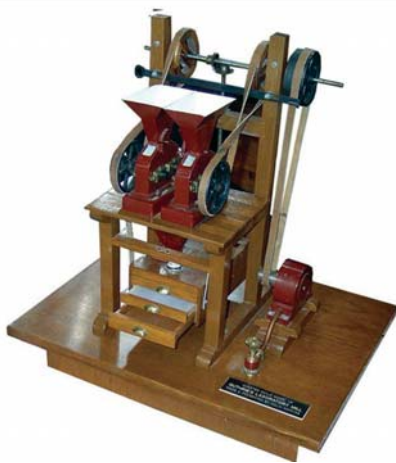
ISSN 1419-8959

ISBN 978-963-508-765-5

© Békés Ferenc

Kiadja a Magyar Tudományos Akadémia  
Kiadásért felel: Lovász László, az MTA elnöke  
Felelős szerkesztő: Kindert Judit  
Nyomdai munkálatok: Kódex Könyvgyártó Kft.

Az 1880-as évek végén Frederick Guthrie – az első ausztrál búzanemesítő, William Farrer mellett dolgozó vegyész – egy Budapesten, a Ganz gyárban, promóciós célból gyártott és Ausztráliába került kisméretű, működő malommodell alkalmazásával *mérésekkel* összehasonlította Farrer vonalait, meghatározta a lisztkihozatalokat. Így született meg a ma gabonakémiaként ismert szaktudomány, amelyben a kis Ganz hengersizékes próbamalom volt az első laboratóriumi vizsgálóeszköz (1. ábra) (Wrigley et al. 2011).<sup>1</sup>



1. ábra. Guthrie rekonstruált próbamalma

<sup>1</sup> A rekonstruált Guthrie által használt malommodell Sydney-ben, a CSIRO Búzakutató Intézetében volt éveken át kiállítva, majd annak Canberrába történő átköltözésekor elkallódott. 2012-ben egy lomraktárból került elő, és került vissza Budapestre, a Sydney-i Deák Ferenc Kör nagyvonalú segítségével. Ma az Öntödei Múzeum Ganz-gyűjteményének féltve őrzött darabja.

Guthrie jutott először arra a gondolatra, hogy a búzanemesítés folyamatában a szelekció egyik fontos kritériuma – a termés hozam mellett – a búza *minősége* legyen. Koncepciója – amely napjainkig a minőségvizsgálatok alapja – az volt, hogy a laboratóriumban az őrlés, a tészta készítés és a sütés folyamatát a malmi és a pékségi berendezésekkel azonos elvű, de arányosan lekicsinyített *modellekkel* vizsgálja.

Az elmúlt másfél évszázadban a búzaminőség fogalmkörébe eső tulajdonságegyüttes nagymértékben differenciálódott, bővült. A gabonakémia – a mindenkori tudományos-technikai tudásszintnek és lehetőségeknek megfelelően – igyekszik ezen tulajdonságok meghatározására, értékelésére, előrejelzésére alkalmas metodikákat kidolgozni és alkalmazni a búzavertikum különféle szintjein, a nemesítéstől az mezőgazdasági természetesen át a búza tárolása, forgalmazása során, illetve a malom- és sütőiparban (Békés 2012a, b).

Évezredes empirikus tapasztalat, ahogy a pék a készülő tészta konzisztenciája alapján képes eldönteni, mennyi vizet használjon a dagasztásnál, mennyi ideig dagasszon egy adott lisztből készült tésztát. Ez adta az alapot a búzakémia fogalomrendszerének a kialakításához az empirikus reológiai fogalmak és az azok meghatározására szolgáló műszerek kidolgozásához, annak felismeréséhez, hogy a kiváló minőségű kenyér készítésének kritériuma a sikererősség és a nyújthatóság egyensúlya tésztában (Wrigley et al. 2006).

## BÚZAFEHÉRJÉK ÉS A SÜTŐIPARI MINŐSÉG

Egy búzaminta felhasználási lehetőségeit első közelítésben annak két tulajdonsága, a szem keménysége és fehérjetartalma határozza meg: a magasabb fehérjetartalom értékesebb és jobb minőségű termékek előállítását teszi lehetővé. Az azonban rendkívül lényeges, mely fehérjék és milyen arányban reprezentálják a fehérjetartalmat.



A búza sütőipari minőségét nagymértékben annak fehérjetartalma és fehérje-összetétele határozza meg: a minőségi paraméterek makro- és molekuláris szintű értelmezésével, az ezek meghatározási lehetőségeivel kapcsolatos tudásszint elválaszthatatlan a növénybiológia, a genetika, illetve a növényi fehérjék szerkezetével, elválasztási és azonosítási lehetőségeivel kapcsolatos mindenkori ismeretektől.

Beccari 1728-ban írta le, hogy a búzalisztból készült tésztát vízzel mosva egy ragacos, furcsa konzisztenciájú anyagot, sikért állított elő (Bailey 1941). Száz évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy kiderüljön, hogy a siker főtömegében fehérje, és további ötvennek, hogy realizáljuk: több mint száz különféle fehérje komplex kölcsönhatásának a produktuma. A sikerképző sajátosság a búzafehérjék unikális sajátossága, erre a búzával botanikai rokonságban lévő növények (rozsa, árpa stb.) fehérjei sem képesek. E tulajdonság, illetve a siker speciális



**Glutenin**

polipeptid-alegységekből felépült  
makropolimer  
*elasztikus*



**Gliadin**

monomerfehérjék  
*plasztikus*



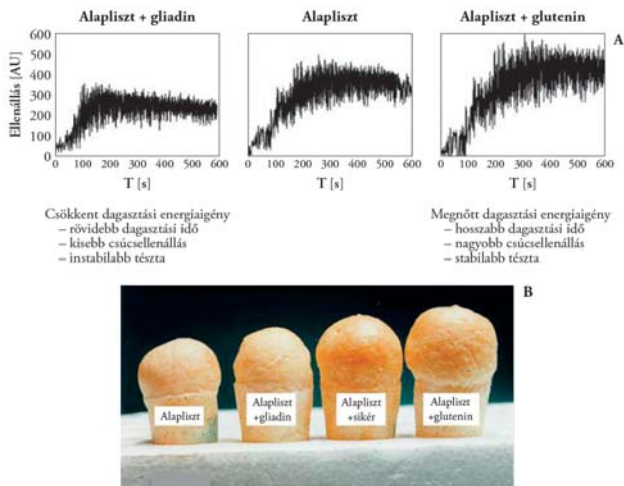
**Siker**

a hidartálódott glutenin és  
gliadinfehérjék kölcsönhatása  
által létrejött komplex szerkezet

2. ábra. A búzaliszt sütőipari minőségét alapvetően meghatározó fehérjekomponensek

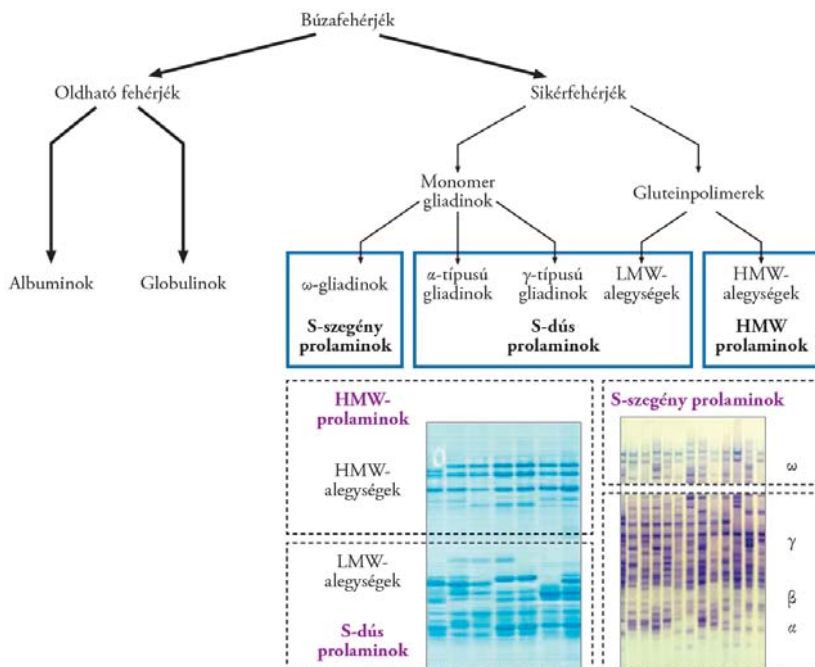
reológiai tulajdonságai avatják a búzát az emberiség egyik legfontosabb élelmi szernövényévé. Mindennek az okára csak a napjainkra összegyűlt ismeretek alapján tudunk elfogadható magyarázatot adni.

Osborne (1907) úttörő tevékenységét követően, amikor is a búza fehérjéit oldhatóság alapján frakcionálva bevezette az albumin, globulin, gliadin és glutenin fogalmakat – a gabonakémia fejlődését egyértelműen a gabonafehérjék kémiájával, elválasztástechnikájával, majd a későbbiek folyamán az ezek genetikájával kapcsolatos fejlődés határozta meg. Ennek többek közt az az oka, hogy a sikérerősség és nyújthatóság említett egyensúlya a búzaliszt gluteninjeinek (fehérjealegységekből diszulfidhidak által felépülő lineáris makropolimerek) és gliadinjainak (monomer prolamín-polipeptid) arányától függ (Wrigley et al. 2006). A siker, illetve a tészta elasztikus, tulajdonságaiért a gluteninek, míg a plasztikus sajátosságokért a gliadinok felelősek, az előbbi erősíti, az utóbbi gyengíti a tésztát (3. ábra).



3. ábra. A glutenin/gliadin arány hatása a tészta dagasztási tulajdonságaira (A) és a kenyértérfogatra (B) (Üthayakumaran et al. 1999, 2000a)

Az Osborne-féle, oldhatóság alapján kidolgozott felosztást és nevezéktant a 80-as években a genetikai alapokon álló rendszerezés váltotta fel (4. ábra). Ez lehetővé tette a különböző növényfajok fehérjéinek a megfeleltetését, a hexaploid búza három genomjában lokalizált azonos funkciójú gének, illetve termékeik azonosítását, a különböző allélek összehasonlító vizsgálatát. A sikérfehérjék biológiai funkciója a búzanövényben raktározási funkció, így a természetes mutációval előálló módosulások a genetikai állományban nem letálisak, ezeket nem követi szelekció, tehát öröklődnek. Ennek eredményeképpen alakult ki a raktározási fehérjék nagymértékű változatossága.

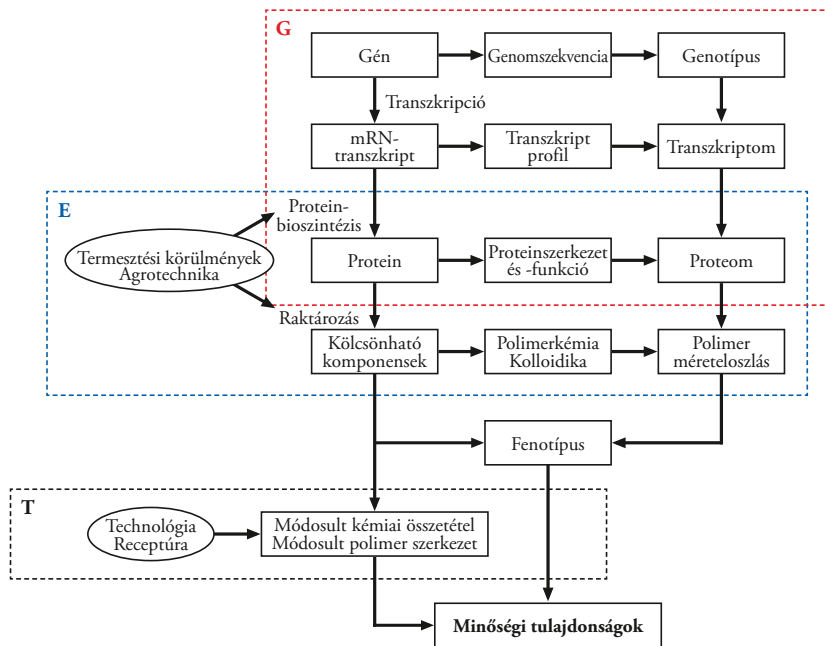


4. ábra. A búzafehérjék oldhatóságon, illetve genetikai elveken alapuló felosztása (Shewry et al., 2006a alapján). Az ábra alsó harmadában bemutatott fotók a fehérjék méret-, illetve töltéskülönbségein alapuló elektroforetikus elválasztását szemléltetik

Ezen ismeretek igen gyorsan gyakorlati alkalmazást nyertek a nemesítőők körében. Az elektroforetikus meghatározott nagy molekulatömegű (HMW) (Payne 1987) és kis molekulatömegű (LMW) (Gupta–Shepherd 1990) gluteninallélek, illetve gliadin-„blokkok” (Metakovsky et al. 1994), mint kémiai markerek, a minőségre történő szelekció fontos eszközévé váltak (Cornish et al. 2001).

A glutenin polimer szerkezetével, illetve ennek a minőségi paraméterekkel való viszonyával kapcsolatos kutatások homlokterében hosszú ideig a polimer lineáris, illetve elágazásos volta állt. Ma már tudjuk, hogy a polimer HMW-glutenin-alegységekből felépülő lineáris vázához az LMW-alegységek elágazó láncok formájában kapcsolódnak. A polimerek méreteloszlása alapvető paraméter a sikérerősség szempontjából. Orth és Bushuk (1972) kutatásai rávilágítottak a leghosszabb polimereknek kitüntetett szerepére a siker reológiai sajátosságainak a kialakításában. E később makropolimernek nevezett frakció relatív mennyisége (UPP%) (Gupta et al. 1993), a liszt fehérjetartalma, a glutenin/gliadin arány és a HMW/LMW gluteninalegység-arány mellett lett a kémiai alapú minőségvizsgálat legfontosabb paramétere.

Az elmúlt 25 évben a genetika és a búzafehérjék molekuláris biológiájának rohamos fejlődésének köszönhetően áttérés következett be a búza minőségét meghatározó molekuláris szintű alapok megismerésében. A centrális dogma három alappillérére épülő új kutatási stratégiák és technikák, a társtudományokkal (polimerkémia, kolloidika) karöltve lehetőséget teremtettek a búza-, a búzaliszt-, illetve a térszaösszetétel genetikai (G), környezeti (E) és technológiai (T) tényezőktől való függésének, továbbá ezek gyakran bonyolult ( $G \times E$ , illetve  $G \times E \times T$ ) kölcsönhatásainak a feltárására (5. ábra). Így a rendkívül bonyolult kémiai összetételű búzaliszt komponenseinek egyedi hatásait, illetve az egyes komponensek kölcsönhatásával kapcsolatba hozható hatásokat meg lehetett határozni (Békés 2012a).

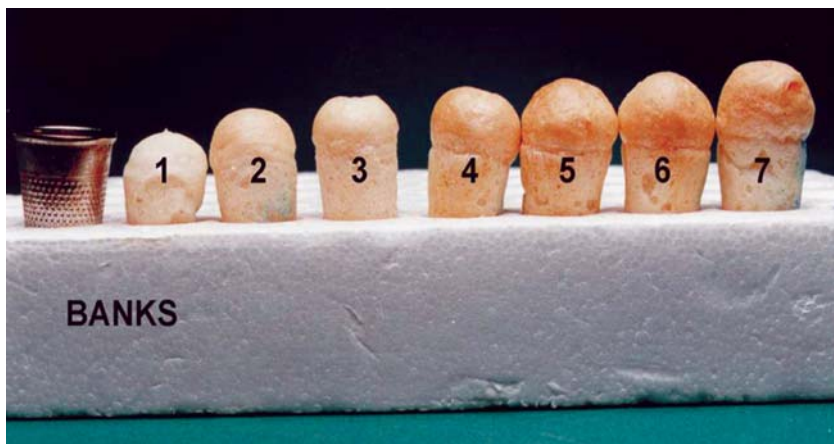


5. ábra. A kémiai összetétel és a minőségi tulajdonságok összefüggésének sematikus vázlata, a genetikus (G), környezeti (E) és technológiai (T) hatások, illetve az ezek nyomkövetésére alkalmazott technikák feltüntetésével (Békés 2012a)

## FUNCIONÁLIS VIZSGÁLATOK MIKROMÉRETBEN

Ezen alapkutatási szintű vizsgálatok elvégzéséhez, majd ezek eredményeinek az alkalmazott kutatásban, illetve a rutinvizsgálatok szintjén történő alkalmazásához a búzaminősítés eszköztárának egy teljesen új csoportját, a kis- és mikroméretű vizsgálati technikákat kellett kidolgozni. Olyan berendezésekre és metodikákra volt szükség, amelyek limitált mennyiségű vizsgálati minta (extrém esetben egy búzaszem) felhasználását igénylik (Békés–Gras 1992, 1999,

2000; Békés et al. 2001, 2002a, b; Gras–O’Brien 1992). A ausztráliai CSIRO Búzakutató Laboratóriumában kifejlesztett készülékcsalád berendezései, illetve az immár 20 éves magyar–ausztrál együttműködés keretében kifejlesztett berendezések az alap kutatás nélkülözhetetlen eszközeivé váltak. Több készüléket sorozatgyártása és kereskedelmi forgalomba kerülése után sikeresen alkalmaztak minden olyan gyakorlati területen, ahol csupán kis mennyiségű vizsgálati minta áll rendelkezésre (pl. pre-breeding). A teljesség igénye nélkül ezen kutatófejlesztő tevékenység eredménye a 2g Mixograph (Gras et al. 1990), a Mikro-Extension Tester (Rath et al. 1995), a Micro Noodle Machine (Quail et al. 2000) a Mikro Z-karú dagasztó, amely a Hankóczy által a 30-as években kidolgozott és mind a mai napig világszerte használt Valorigráf mikrováltozata (Tömösközi et al. 2002; Haraszi et al. 2004), a METEFÉM mikromalom (Békés et al. 2000; Tömösközi et al. 2001), amelyeket számos további mikroberendezés követett, például a Mikro Zeleny apparatus (Cavanagh et al. 2010) vagy a 2011–12-ben kifejlesztett mikrosikérmosó (Tömösközi et al. 2013).

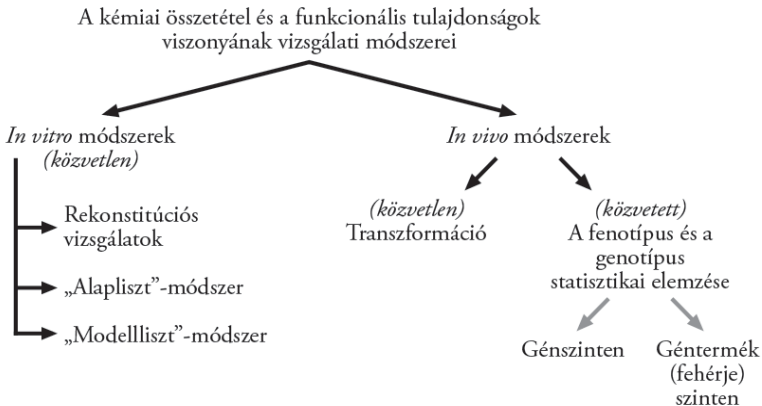


6. ábra. A cipótérfogat fehérjetartalomtól való függésének demonstrálása 2 gramm lisztet igénylő mikrosütési próbával. A fehérjetartalmat szisztematikusan változtattuk az alapliszthez (4-es minta) 5, 10 és 15 mg keményítőt (1-es, 2-es és 3-as minta), illetve sikkért (5-ös, 6-os, 7-es minta) adagolva (Uthayakumaran et al. 2000a)

A tésztajellemzők 2–5 gramm lisztből történő meghatározási lehetősége, az, hogy 2–20 mg izolált fehérje hatását a reológiai paraméteren reprodukálható módon detektálni lehet, a szerkezet/függő összefüggések újabb szintjén adott lehetőséget a vizsgálatokra. A metodika alkalmazásának csúcsteljesítményét a 2 gramm liszt felhasználását igénylő mikro-kenyészütési próba jelentette, ahol a megdagasztott és pihentetett tészta gyűszűben került a speciális kemencébe (6. ábra).

## A KÉMIAI ÖSSZETÉTEL ÉS A FUNKCIONÁLIS TULAJDONSÁGOK VISZONYÁNAK VIZSGÁLATI MÓDSZEREI

A kémiai összetétel, illetve az ezt minőségileg meghatározó genetikai információ viszonyát a minőség szempontjából fontos funkcionális tulajdonságokkal alapvetően három kísérleti stratégia alapján tanulmányozhatjuk (7. ábra): *in vitro* közvetlen, illetve *in vivo* közvetett vagy közvetett metodikát használva.



7. ábra. A kémiai összetétel és a funkcionális tulajdonságok viszonyának vizsgálati módszerei  
(Cornish et al. 2006)

## *In vitro* közvetlen módszerek

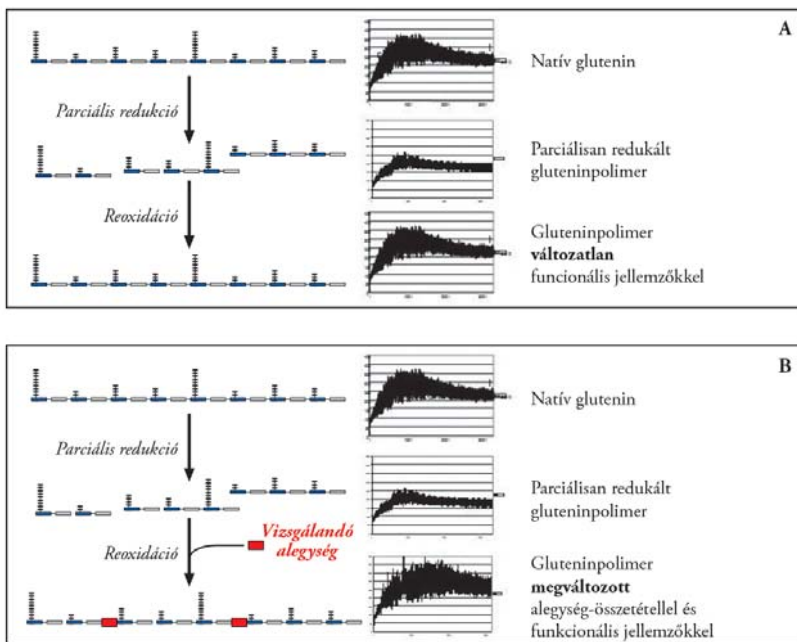
Az *in vitro* metodikák alkalmazásakor egy adott minta összetételét szisztematikusan módosítjuk, és mérjük a kémiai összetétel hatására bekövetkező minőségi/funkcionális változásokat. A módszer az úgynevezett rekonstrukciós metodikából fejlődött ki, amikor is két vagy több lisztet/tésztát alkotóelemekre (keményítő, sikér, oldható komponensek) bontottak, és szisztematikusan újraegyesítettek, vizsgálva, hogy az egyes funkcionális paraméterek mely komponens jelenlétéhez köthetők. Az úgynevezett alaplisztmódszernél egy adott liszthez tésztakészítés/dagasztás közben egy izolált komponenst adagolunk, és a kapott funkcionális tulajdonságokat az eredeti alapliszt adataihoz hasonlítjuk. A liszt fehérjekomponenseinek rendkívül munkaigényes és költséges kinyerése helyett az (adott esetben genetikailag módosított) búzafehérjéjének termékeinek a termeltetése mikroorganizmusokban (Tamás–Shewry 2006) megnyitotta az utat ahhoz, hogy ok-okozati relációkat derítsünk fel a szerkezet-funkció vonatkozásában.

A kísérleti technika a monomer fehérjék vizsgálatához egyszerű és problémamentes (Fido et al. 1997; Uthayakumaran et al. 2002), ugyanakkor a polimer alegységek esetén a sikeres *in vitro* modellezés feltételeként gondoskodni kell arról, hogy a vizsgálandó polipeptid – az *in vivo* szituációval analóg módon – a fehérjepolimer integráns részeként fejtse ki hatását. A gluteninalegységeknek a dagasztási folyamat közben a glutenin polimerbe való beépítésére szolgáló technika, az „inkorporálás” egy reverzibilis parciális redukciós és azt követő reoxidációs lépést tartalmaz (8. ábra) (Békés et al. 1994b, c).

Az inkorporációs technika segítségével közvetlen összefüggést sikerült kimutatni a természetes HMW-gluteninalegységek mérete és a sikérerősségre gyakorolt hatása között (Békés et al. 1994a; Uthayakumaran et al. 2000b). Ezeket az eredményeket a különböző hosszúságú repetitív domáineket tartalmazó, génmódosított HMW-gluteningének bakteriális expresszióval nyert termékein



végzett kísérletek is megerősítették (Anderson et al. 1996, 2011b). Az LMW-glutenin alegyékkel végzett analóg kísérletek hasonló, a polipeptidek méretével arányosan kisebb hatásokat eredményeztek mind a lisztből izolált (Sissons et al. 1997), mind a bakteriális expresszióval előállított fehérjék esetén (Lee et al. 1999). A HMW- és az LMW-gluteninek kémiai szerkezeti sajátosságai között a polipeptidekben található ciszteinek száma és molekulán belüli elhelyezkedése meghatározónak bizonyult a funkcionális tulajdonságok kialakítása szempontjából (Shewry et al. 2006c).



8. ábra. A glutenin-polimer parciális redukcióján, majd reoxidációján (A) alapuló inkorporációs metodika (B) sémája és hatása az alapsízt dagasztási görbéjére (Békés et al. 1994b, c). A kémiai folyamatok optimalizált paraméterei, a redukáló- és oxidálószer koncentrációi, illetve a reakcióidők biztosítják, hogy (A) esetben a funkcionális tulajdonságok valóban változatlanok maradjanak, így (B) esetben a jellemzők megváltozása valóban a pirossal jelzett alegység beépítésének a következménye

E vonatkozásban különösen fontos eredményeket hozott a Dx5+Dy10 polipeptideket tartalmazó *Glu-D1d* és a Dx2+Dy12 alegységtartalmú *Glu-D1a* allél összehasonlító vizsgálata, bizonyítva, hogy a minták sikérerősségében ki-mutatható szignifikáns különbségért a Dx5 alegység N-terminálisában talál-ható extra cisztein a felelős (Anderson–Békés 2011). A négy Glu-D1 alegység szisztematikus inkorporálási kísérleteinek másik érdekes eredménye, hogy az x és y típusú alegyések ekvimoláris mennyiségben történő együttes beépülése szinergikus hatásokat eredményez a dagasztási tulajdonságokban és a sikérerős-ségben (Békés et al. 1994a).

A **modell-liszt-módszer** kidolgozásának indíttatását a Gánti-féle Chemoton-elmélet (Gánti 1971) adta. A tészta mint rendszer egységrendsze-rének<sup>2</sup> meghatározására, illetve tanulmányozására alkalmas kísérleti elrendezés kidolgozása volt a cél: keményítő, lipidek és különféle egyedi, izolált búzafe-hérjék keverékéből „felépíteni” azt a legegyszerűbb, legkevesebb komponens-t tartalmazó modell-lisztet, amely képes a valósággal analóg reológiai tulajdon-ságokkal rendelkező sikért, illetve tésztát képezni.

A gliadint, a HMW- és LMW-gluteninallegységek *in vitro* polimerizáci-óval előállított polimerjével, valamint keményítővel, oldható komponensekkel és lipidekkel összevegyítve a liszt dagasztási görbéjéhez valamelyest hasonlító görbét kaphatunk, de ahhoz, hogy a tipikus viszkoelasztikus tulajdonságokat modellezhessük, a három sikerfehérje komponensből több polipeptidet kellett a rendszernek tartalmaznia. A búzaliszt unikális sajátossága ezen eredmények tükrében éppen abból adódik, hogy benne a hexaploid genom felépítése és

---

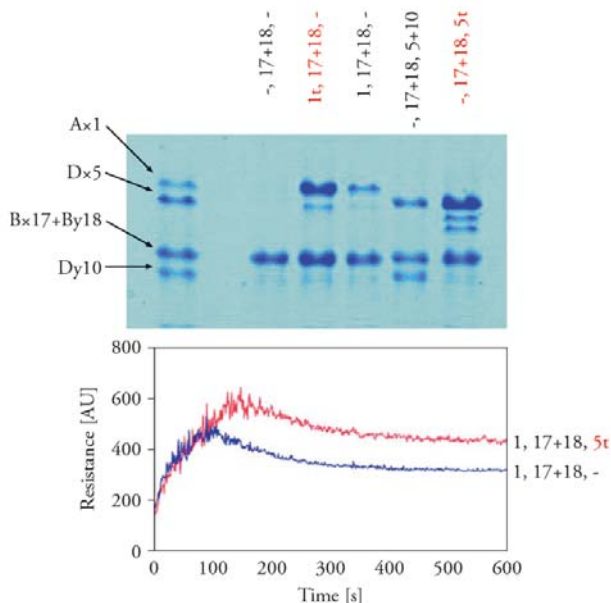
<sup>2</sup> Egységrendszeren azt a minimálrendszert értjük, amelynek bármely komponensét a rendszer-ből eltávolítva a fennmaradó rendszer nem elégíti ki az eredeti rendszer kritériumait. Míg a Chemoton mint a prokariótasejt egységrendszere, a sztöchiokinetikai és kinetikai (Békés 1975) vizsgálatok alapján megfelel a Gánti által megfogalmazott életkritériumoknak (Gánti 1971), a tészta mint rendszer esetén a rendszer kritériumaként annak speciális viszkoelasztikus reológiai sajátosságai fogalmazhatók meg.

a sikerfehérjéknek raktározási szerepükből adódó nagymérvű polimorfizmusa következtében nagyszámú, egymáshoz igen hasonló polipeptid kölcsönhatásaként az egyes fizikai és fizikokémiai jellemzők – a kialakuló aggregátumok mérete, felületi töltéeloszlása stb. – egy széles tartományban folyamatosan értelmezhetők.

## *In vivo* közvetlen módszerek

A búza genetikai transzformációval előállított módosított glutenin-összetételű genotípusok funkcionális tulajdonságainak mikromódszerekkel végrehajtott jellemzése szolgáltatta az inkorporációs technika használhatóságának a legközvetlenebb bizonyítékát. A Lawrence és munkatársai (1988) által előállított HMW-glutenin-null sorozat megfelelő tagjaiba a hiányzó gént transzformációval bejuttatva (Barro et al. 1997), a genetikailag módosított minta dagasztási tulajdonságai megegyeztek az analóg inkorporációs kísérletek során kapott eredményekkel.

A minőségjavítást célzó nagyszámú búzatranszformáció (Blechl et al. 1997; He et al. 1998, 1999; Oszvald et al. 2013; Rakszegi et al. 2005; Rooke et al. 1999a,b, 2003; Shewry et al. 2000, 2006b, c; Tosi et al. 2004, 2005) elsődleges célja nem az előnemesítésben felhasználandó, transzformált germplasm előállítása volt, sokkal inkább a technikával bevitt természetes vagy genetikailag módosított búza- vagy nem búzagének egyes minőségi paraméterekre való hatásának *in vivo* tanulmányozása. E tekintetben a Tamás és munkatársai (1997, 2002) által végzett kísérletek külön említést érdemelnek. Az árpa egy  $\omega$ -gliadin-analógjának, egy C-hordeinnek a génjét szisztematikusan módosítva gluteninanalóg fehérjét (ANG) állítottunk elő, változtatva a géntermék méretét, a benne lévő ciszteinek számát és elhelyezkedésüket a polipeptidben. A bakteriálisan expresszált fehérjék minőségre való hatását *in vitro* inkorporációs kísérletekben vizsgáltuk (9. ábra), végül az optimálisnak ítélt hatást eredményező génnel búzatranszformációt végeztünk. Ezzel a módszerrel olyan



9. ábra. A minőségjavítási célból elvégzett első búzatranszformáció termékének elektroforetikus és mikrodagasztási eredményei: a *GluD1* gént nem tartalmazó búzavonalba bevitt Dx5 gén terméke szignifikánsan erősebb és stabilabb tésztát eredményez (Barro et al. 1997)

transzgénikus búzát sikerült előállítani, amelynek sütőipari minősége 11%-kal haladta meg a kiindulási búza adatait, miközben a dagasztási energiaszükséglet 20%-kal csökkent (Howitt et al. 2003).

A transzformánsok viselkedésének összehasonlítása az *in vitro* inkorporációs kísérletekben kapott adatokkal rávilágított a technika korlátaira is. A Dx5 és a Dy10 alegység C-terminális szakaszát felcserélve, a Dx5-Dy10 hibrid *in vivo* egy intramolekuláris diszulfidhidat képezve a polimerizáció során láncterminál-torként funkcionál, amelyet az *in vitro* kísérlet nem tudott modellezni.

## *In vivo* közvetett módszerek

Az elmúlt 30 évben a genetikai, fehérjeösszetételi és minőségi adatok sokéves gyűjtése/értékelése során kapott adatbázisok felhasználásával készült matematikai modellek a gabonatudomány gyakran alkalmazott eszközévé váltak a két tulajdonságthalmaz közti kapcsolatok feltárására mind az alap-, mind az alkalmazott kutatási területeken. A Payne-score (Payne et al. 1987) térhódítása a búzanemesítésben intenzívebbé és hatékonyabbá tette a minőségre történő szelekciót, és nagymértékben hozzájárult a búzagenetika és búzakémia számos alapkérdésének ok-okozati szinten történő megválaszolásához. A módszer általános elterjedésével és sikeres alkalmazásával párhuzamosan, már a 90-es években elindult az a folyamat, amely a Payne-score lehetőségeit meghaladni képes modellek kidolgozását célozta meg (Gupta et al. 1991, 1994; Eagles et al. 2002; Békés et al. 2006; Békés 2011; Cornish et al. 2006).

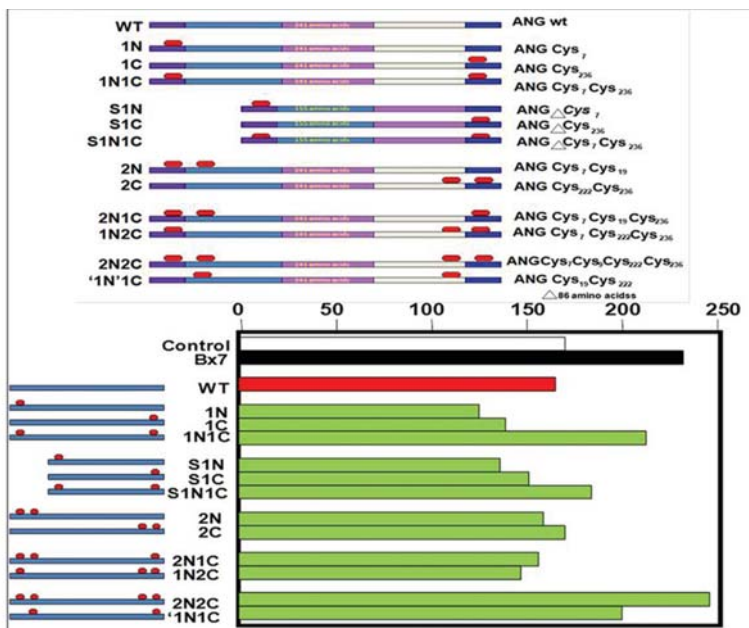
Az így létrehozott modellek négy vonatkozásban nyújtanak többet az eredeti formulánál:

- A kialakított matematikai modellek mind a sikérerősség, mind a nyújthatóság becslésére alkalmasak.
- Számos olyan HMW-glutenin-allél értékelésére is képesek, amelyek az eredeti Payne-score-ban nem szerepeltek.
- Azon felismerés kapcsán, miszerint a tészta reológiai tulajdonságait a HMW-gluteninallélek mellett az LMW-gluteninallélek is befolyásolja, továbbá a az allél-allél kölcsönhatásoknak is szignifikáns szerepe van, az újabb modellek, mint az Eagles és munkatársai (2002) által kidolgozott „Wheat Simulator”, illetve a Protein Scoring System (PSS) (Békés et al. 2006), mindezt figyelembe véve a sikérerősséget

és a nyújthatóságot a HMW- és az LMW-gluteninallélek egyedi és kölcsönhatásaikból származó hatások összességéként írják le.

- A Payne-score önkényesen felvett együttthatóival szemben a fenti két modell speciális regressziós technikával, statisztikai úton határozza meg az allélek, illetve a kölcsönhatásaik jellemzésére alkalmas együttthatókat. Így az adott minta reológiai tulajdonságai, a gluteninallélek által meghatározott genetikai potenciálja az Extenzográfós 'Rmax' és 'Ext' paraméterek dimenziójában becsülhető.

A szakirodalomban közölt alkalmazások (Eagles et al. 2002; Branlard et al. 1992; Békés et al. 2006; Cornish et al. 2006; Millar et al. 2008; Baracskai



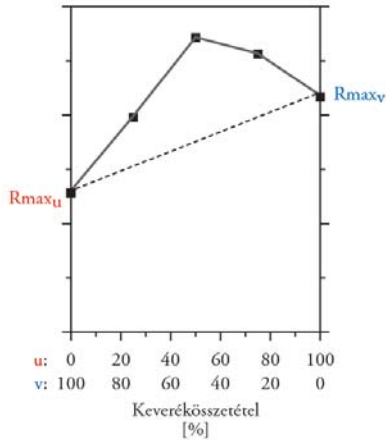
10. ábra. Baktériálisan expresszált genetikusan módosított C-hordein-gének termékei (ANG-féhérjék) és hatásuk a dagasztási időre *in vitro* inkorporációs kísérlet során (Tamás et al. 1997, 2002)

et al. 2011; Kovács et al. 2013; Morgounov et al. 2013; Rakszegi et al. 2014) egyértelműen bizonyítják, hogy a megfelelő körülményekkel választott adatbázison és statisztikai módszerekkel kidolgozott predikciós modellek a búza-minta gluteninalléljeinek ismeretében alkalmasak a kenyértészta legfontosabb reológiai paramétereinek a becslésére, a búza *genetikai potenciáljának* az előrejelzésére. Ezen genetikai adatokat néhány, a termesztési körülmények által meghatározott paraméterrel, például a fehérjetartalommal és a glutenin/gliadin aránnyal kiegészítve, egy adott minta sikererőssége és nyújthatósági tulajdonságai megbecsülhetők, így a PSS-modell, illetve a hasonló modellek hasznosak a nemesítési stratégia kialakításában, illetve a gabonaipar minőségsszabályozási feladatainak a megoldásában.

A nemesítés vonatkozásában a fenti modellek alkalmazásának legfontosabb tanulsága az, hogy a nagymérvű allél-allél kölcsönhatások következtében a minőség javítását célzó nemesítési gyakorlatban egy-egy allél bevitele helyett *allélkombinációk* kialakítása a kívánatos (Békés et al. 2006).

Az élelmiszer-ipari alkalmazások közül példaként egy érdemel itt említést. A PSS-modell nemcsak egyedi minták reológiai tulajdonságainak a leírására alkalmas, de az egyes komponensek allélösszetételének és a keverési receptúrájának az ismeretében képes különböző búzafajták keveréklisztjeinek a jellemzésére is. Mindez azért fontos, mert az iparban általánosan használt lisztkeverési technológia sarkalatos problémája az, hogy a minőségi paraméterek nem additívak. A keverékkomponensek kölcsönhatása miatt, inhibíciós és szinergikus hatások lépnek fel, így a komponensek minőségi paramétereinek a receptúra adataival súlyozott átlaga nem egyenlő a keverékből mért minőséggel. A PSS-modell ezt a problémát képes áthidalni, sőt mint célfüggvény az inverz probléma megoldására is alkalmas: a „least-cost” optimalizáláshoz hasonló elven, a kívánt minőségű lisztkeverék keverési arányának a megadására alkalmas (Békés 2011).

A HMW-, illetve LMW-glutenin allélek egyedi, illetve kölcsönhatásból származó inkrementumait leíró – regressziós módszerrel – meghatározott  $\alpha$  és  $\beta$  együtthatók kísérleti meghatározására Oszvald és munkatársai (2011) dolgoztak ki módszert: inkorporációs kísérletben alapslisztként búzalisztet, illetve rizslisztet alkalmazva, rizsliszt esetén az inkorporált fehérje egyedi hatása határozható meg, míg búzaliszt esetén ehhez hozzáadódik az inkorporált fehérjének az alapsliszt prolaminjaival való kölcsönhatásából származó hatása is.



#### Lineáris modell

$$Rmax_{LIN} = x_u \cdot Rmax_u + x_v \cdot Rmax_v$$

$$Rmax_{LIN} = x_u \cdot \left( \sum_{i=1}^{i=j} \alpha_i \cdot (HMW)_{u,i} + \sum_{j=1}^{j=l} \alpha_j \cdot (LMW)_{u,j} + \sum_{i=1}^{i=j} \sum_{j=1}^{j=l} \beta_{i,j} \cdot (HMW)_{u,i} \cdot (LMW)_{u,j} \right) + x_v \cdot \left( \sum_{i=1}^{i=j} \alpha_i \cdot (HMW)_{v,i} + \sum_{j=1}^{j=l} \alpha_j \cdot (LMW)_{v,j} + \sum_{i=1}^{i=j} \sum_{j=1}^{j=l} \beta_{i,j} \cdot (HMW)_{v,i} \cdot (LMW)_{v,j} \right) +$$

#### Non-lineáris modell

$$Rmax + Rmax_{LIN} + x_u \cdot \left( \sum_{i=1}^{i=j} \alpha_i \cdot (HMW)_{u,i} \cdot (LMW)_{v,j} \right) + x_v \cdot \left( \sum_{i=1}^{i=j} \sum_{j=1}^{j=l} \beta_{i,j} \cdot (HMW)_{v,i} \cdot (LMW)_{u,j} \right)$$

11. ábra. A PSS-modell matematikai kifejezése egy kétkomponensű lisztkeverék sikérerősségének (Rmax) a leírására (Békés 2011)



# A MAGYAR BÚZA MINŐSÉGE

A Kárpát-medencében a jó klimatikus és agronómiai feltételek mellett az itt élő népek évezredek óta természetnek kiváló minőségű búzát, bizonyos történelmi korszakokban Európa tekintélyes részét látva el kenyérgabonával. A fenti környezeti körülmények mellett a kiváló minőségű – „acélos”, de ugyanakkor rendkívül elasztikus, magas sikértartalmú – tészta alapja a spontán szelekció, majd a tudatos nemesítés által nagymértékben befolyásolt génkészlet, amely – legalábbis a raktározási fehérjék vonatkozásában – számos specifikus tulajdonságot mutat. Ahogy a 80-as években megkezdett és azóta is folyamatosan úzótt ez irányú kutatások mutatják (Bedő et al. 1995, 1998, 1999, 2005; Rakszegi et al. 1999, 2000, 2014; Juhász et al. 2002, 2003a; Baracska et al. 2011; Kovács et al. 2013), a régi magyar tájfajták legjobbjai, így például a Bánkúti 1201 tájfajta (Vida et al. 1998; Juhász et al. 2003a) két, a sikérerősséget szignifikánsan növelő HMW GS-allélt, a Ax2\*B alegységet tartalmazó *Glu1Ax*-et (Juhász et al. 2001, 2003a) és a GluBx7 alegységet túltermelőt (*Glu1Bal*) tartalmaz (Juhász et al. 2003b; Butow et al. 2003), amelyek jelenléte egy, a régió búzáira jellemző érdekes expressziós sajátossággal párosul: a Kárpát-medence búzáiban az átlagosnál magasabb sikértartalom a szokásosnál szignifikánsan magasabb gliadintartalomnak tudható be. Tehát a kiváló sütőipari minőség molekuláris magyarázata ezen tájfajtáknál az erős és stabil sikért biztosító gluteninallélek és a jó nyújthatóságot biztosító alacsony glutenin/gliadin arány egymást kiegyenlítő jelenléte.

Az elmúlt évek tudatos nemesítési törekvése ezen „Hungaricum”-szintű speciális génpool lehetőségeinek kiaknázása, a régi magyar tájfajták felhasználása a minőségjavításra törekvő nemesítési munkában. Ezen koncepció első sikeres eredménye a pedigréjében a Bánkúti 1201-et tartalmazó Mv Karizma fajta, illetve a magyar kutatók, nemesítők, forgalmazók és felhasználók ösz-

szefogásával létrehozott „Pannon búza” konzorcium, amelynek célja a magyar búza hagyományos jó nemzetközi megítélésének öregbítése (Bedő et al. 2011).

## NAPJAINK MINŐSÉGORIENTÁLT BÚZAKUTATÁSI IRÁNYAI, ÚJ KIHÍVÁSOK

A minőséggel kapcsolatos kutató-fejlesztő, az ipar, illetve a fogyasztó elvárásait egyaránt kielégítő kihívások a korábbi prioritásokat két irányban is módosították: egyrészt alapvető fontosságúvá vált a késztermékek önköltségét csökkenteni képes folyamatok, illetve az ezek használatára alkalmas nyersanyagok, új genotípusok használata. Így kerültek előtérbe olyan minőségi követelmények, mint a megfelelő konzisztencia minél kevesebb dagasztási energiaszükséglettel történő biztosítása vagy a fajlagosan minél magasabb vízfelvevő képesség. A másik nagy horderejű változást a minőségfogalom alakulásában a fogyasztó azon egyre erősebben megfogalmazott igénye diktálta, hogy egészségesebb, magasabb tápértékű, de alacsonyabb kalóriatartalmú sütőipari termékeket igényel, olyan választékban, hogy a megfelelő termékeket a különféle lisztérzékenységben szenvedő fogyasztó is megtalálja.

Ez utóbbi kíváncsi a búza fehérjéinek teljesen másfajta jellemzését igénylő feladatokat ró a minőséget biztosítani-javítani szándékozó szakemberre egy olyan tevékenységi körben, ahol a növénybiológia, az élelmiszer-tudomány és -technológia mellett az orvostudomány képviselőire is fontos szerep vár. Napjainkban tisztázódnak a gyakran hasonló tüneteket okozó, de mechanizmusukban különböző búza okozta rendellenességek típusai (Sollid et al. 2012), a kiváltó okokat képező toxikus, illetve allergén építőpokat tartalmazó búzafehérjék mennyisége, ennek kapcsán egy búzaminta toxicitásának / allergiás hatásának a mértéke (Juhász et al. 2012), a betegségek genetikai háttere, előfordulásának gyakorisága (Vu et al. 2014). A gyártás- és gyártmányfejlesztés teljesen új terület fejlődött ki a sikérmentes sütőipari termékek előállítására (Ács et al. 1996).

Ezzel párhuzamosan az alap- és alkalmazott kutatás szintjén intenzív kutatás folyik a speciális tulajdonságokkal bíró genotípusok és búzaanalógok keresése, illetve kifejlesztése vonatkozásában. A klinikai gyakorlat biztonsága szerint a legsúlyosabb búza okozta megbetegedés, a cöliákia esetén az egyedüli megoldás a sikérmentes diéta, ezzel szemben a búzaallergiában szenvedők tekintélyes része tolerálni képes bizonyos *Triticum spelta* genotípusokból készült termékeket (Suter–Békés 2012; Vu et al. 2014). A molekuláris biológia aktív alkalmazására ezen a területen jó példa Breen és munkatársai (2010) munkája, ahol ennek a csökkent allergénhatásnak egy lehetséges okát sikerült felderíteni: a kevésbé allergén speltavonalak az egyébként allergén expenzinfehérjének egy mutált formáját tartalmazzák, amelyben az extra három aminosav jelenléte – módosítva a receptorkötő hurok konformációját – egyik oka lehet a megváltozott biológiai hatásnak.

Az új, illetve fokozott hangsúlyt kapott igények olyan korszakban kerültek napirendre, amikor maga a búzavetikum világszerte komoly változásokon ment keresztül, módosítva a gazdaságos, megfelelő haszont felmutatni tudó termelés feltételeit. Az a tény, hogy a búza világpiacán megjelenő „új szereplők”, például Kazahsztán, Ukrajna, Brazília, olcsó, de átlagos minőségű termékei perspektivikusan az átlagár csökkenését okozzák, illetve az, hogy a hagyományos exportőrök csak a minőség fokozásával, javítóbúzák előállításával képesek piacaikat megtartani és bevételüket szinten tartani, a minőség jelentőségét és az ezzel kapcsolatos alap- és alkalmazott kutatások fontosságát hangsúlyozzák. Ugyanakkor az új, jobb minőségű és megfelelő terméshozamú búzafajták nemesítésekor szembe kell nézni az abiotikus és biotikus stresszek, a változó klimatikus hatások okozta terméshozam- és minőségcsökkenés problémájával, valamint a feldolgozóipar egyre fokozódó igényével a termény minőségének konzisztens volta iránt. Ez utóbbi követelmény, az állandó minőségi paraméterek iránti igény vezetett arra, hogy manapság a malom-, illetve sütőipar szinte kizárólag csak búza-, illetve lisztkeverékekből dolgozik, nem egy-egy fajta ter-

méséből. A másik következménynek még ennél is fontosabb hatása van a minőségre orientálódó kutató-fejlesztő munka vonatkozásában: míg valaha a pék lisztből, vízből és élesztőből készített kenyeret, addig ma egy átlagos sütődei receptúra 30–35 különféle adalékanyagot (emulgeátort, stabilizátort, különféle enzimeket) tartalmaz. Ennek következtében a búza, illetve a liszt mint alapanyag minősége egyre távolabb kerül az adott technológia és receptúra esetén tapasztalt minőségtől, a  $G \times E \times T$  hatásokon belül a technológiai (T) hatás dominál (5. ábra).

Amint ezt a búzakémia történetének legszélesebb körű vállalkozásaként szervezett brit kutatócsoport által megfogalmazott jelentés megfogalmazza (Millar et al. 2008), a búza raktározási fehérjéinek optimálisan kiválasztott allélösszetétele a kiváló sütőipari minőség szükséges, de nem elégséges feltétele. A kiváló minőség biztosításának záloga az, hogy a búzaliszt makro- és mikrokomponenseinek genetikai hátterét, a kémiai összetétel minőségi és mennyiségi vonatkozásait a lisztben, illetve ezek változásait a technológia során ne izoláltan, hanem kölcsönhatásaiban, komplex módon jellemezzük és értelmezzük. A búzalipidek és -pentozánok hatása a liszt minőségére régóta ismert; előbbiek és a kenyértérfogat viszonyát a 80-as, 90-es években intenzíven vizsgálták (Békés et al. 1986; Kárpáti et al. 1990; Panozzo et al. 1993), megállapítva, hogy a poláros lipidek bizonyos gliadinfehérjékkel történő specifikus kölcsönhatása a dagasztás során adja azt a membránszerű szerkezetet, amely a gázvisszatartó képességért felelős (Békés et al. 1983a, b). A pentozánok sikerfehérjékkel való kölcsönhatásait, illetve ennek hatását a tészta jellemzőire már a 70-es években leírták (Jeleca–Hlinka 1971), de csak a közelmúltban történt próbálkozás a pentozánokat, oldható fehérjéket és az őrlés során keletkezett sérült keményítő mennyiségét tartalmazó, a vízfelvevőképesség prediktálására alkalmas matematikai modellek kidolgozására (Rakszegi et al. 2014).

A közeljövőben befejeződő grandiózus kutatási projekt, a teljes búzagenom nemzetközi összefogással történő felderítése megteremti a molekuláris alapokat a jövő minőségorientált kutatásaihoz is (Barsby et al. 2011; Chapman et al. 2013). A sokféle elvárás, igény a minőség javításával kapcsolatban olyan sokrétű, hogy a prioritások tisztázására speciális számítógépes adatbázisok és programok kidolgozása van folyamatban a nemesítő munkáját megkönnyítendő (Appels 2011). Az elmúlt 5 év sikeres interdiszciplináris erőfeszítései – ahol a funkcionális genomika és proteomika az immunológiai módszerekkel és a hagyományosabb gabonavizsgáló metodikákkal együtt alkalmazva fontos eszközként vonul be a vizsgálati arzenálba – azt mutatják, hogy a minőséggel kapcsolatos igen komplex elvárások teljesíthetők lesznek a jövőben.

# IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Ács, E. – Kovács, Zs. – Matuy, J. 1996. Bread from corn starch for dietetic purposes. II. Visual and technological properties. *Cereal Res. Comm.* 24. 451–459.
- Anderson, O. D. – Békés, F. 2011. Incorporation of high-molecular-weight glutenin subunits into doughs using 2 gram mixograph and extensigraph. *J. Cereal Sci.* 54. 288–295.
- Anderson, O. D. – Békés, F. – D'Ovidio, R. 2011b. Effects of specific domains of high-molecular-weight glutenin subunits' on dough properties by an in vitro assay. *J. Cereal. Sci.* 54. 280–287.
- Anderson, O. D. – Békés, F. – Gras, P. W. – Kuhl, J. – Tam, A. 1996. HMW glutenins: Structure function relationships step by step. In: *Proc. 6th Intern. Workshop on Gluten Proteins*. Ed.: Wrigley, C. W. 195–198, RACI, Melbourne, Australia.
- Appels, R. 2011. *The genome sequence-candidate gene-trait attributes interface in cereals*. Proc. 1st Cereal Biotechn. Conf., Szeged, Hungary (Abstract).
- Bailey, C. H. 1941. A translation of Beccari's lecture Concerning grain (1728). *Cereal try* 18. 555–561.
- Baracska, I. – Balázs, G. – Liu, L. – Ma, W. – Oszvald, M. – Newberry, M. – Tömösközi, S. – Láng, L. – Bedő, Z. – Békés, F. 2011. A retrospective analysis of HMW and LMW glutenin alleles of cultivars bred in Martonvásár, Hungary. *Cereal Res. Comm.* 39. 225–236.
- Barro, F. – Rooke, L. – Békés, F. – Gras, P. – Tatham, A. S. – Fido, R. J. – Lazzeri, P. – Shewry, P. R. – Barcelo, P. 1997. Transformation of wheat with HMW subunit genes results in improved functional properties. *Nature Biotechnol.* 15. 1295–1299.
- Barsby, T. – Risacher, T. – Békés, F. – Appels, R. I. 2011. Linking the genome to phenotypes in wheat: advances in technologies and concepts. In: *The World Wheat Book – a history of wheat breeding – Vol 2*. Eds.: Bonjean, A., Angus, W., van Ginkel, M. 347–378, Lavoisier, London.
- Bedő Z. – Kárpáti M. – Vida Gy. – Kramarikné Kissimon, J. – Láng L. 1995. Good breadmaking quality wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes with 2+12 subunit composition at the Glu-D1 locus. *Cereal Research Communications* 23. 3. 283–289.
- Bedő, Z. – Veisz O. – Vida, Gy. – Rakszegi, M. – Láng L. 2011. Chapter 21. Semi-intensive wheat - Hungarian example. In: *The World Wheat Book – a history of wheat breeding – Vol 2*. Eds.: Bonjean, A., Angus, W., van Ginkel, M. 521–541, Lavoisier, London.
- Bedő, Z. – Vida, Gy. – Láng, L. – Karsai, I. 1998. Breeding for breadmaking quality using old Hungarian wheat varieties. *Euphytica* 100. 179–182.
- Bedő, Z. – Vida, Gy. – Láng, L. – Juhász, A. – Karsai, I. 1999. Breeding a wheat variety with different lines for technological quality and HMW glutenin composition. *J. Genet. Breed.* 53. 57–62.
- Bedő, Z. – Rakszegi, M. – Láng, L. – Keresztényi, E. – Baracska, I. – Békés, F. 2005. Breeding for breadmaking quality using overexpressed HMW glutenin subunits in wheat (*Triticum aestivum* L.) In: *Proc. 7th International wheat conf., Argentina Wheat production in stressed environments*. Eds.: Buck, H. T., Nisi, J. E., Salomon, N., 479–485, Springer.

- Békés, F. 1975. Simulation of proliferating chemical systems. *Biosystems* 7. 189–195.
- Békés, F. 2011. Studying the protein-protein interactions and functional properties of the wheat storage proteins in a gluten free model system Agro Food Ind. *High-tech* 22.
- Békés, F. 2012a. New aspects in quality related wheat research: I. Challenges and achievements (Review). *Cer. Res. Comm.* 40. 159–184.
- Békés, F. 2012b. New aspects in quality related wheat research: II: New methodologies for better quality wheat. (Review). *Cer. Res. Comm.* 40. 307–333.
- Békés, F.–Anderson, O.–Gras, P. W.–Gupta, R. B.–Tam, A.–Wrigley, C. W.–Appels, R. 1994a. The contribution to mixing properties of 1D glutenin subunits expressed in a bacterial system. In: *Proc. 'Improvement of Cereal Quality by Genetic Engineering'*. Eds: Henry, R., J. Ronalds, 97–104, Plenum Press, New York, USA.
- Békés F.–Gras P. W. 1992. Demonstration of the 2-gram mixograph as a research tool. *Cereal Chem.* 69. 229–230.
- Békés, F.–Gras, P. W. 1999. In vitro studies on gluten protein functionality. *Cereal Foods World* 44. 580–586.
- Békés, F.–Gras, P.W. 2000. Small-scale dough testing as a breeding and research tool. *Chem. Australia* 67. 33–36.
- Békés, F.–Gras, P. W.–Appels, R. 2001. Small-scale dough testing as a breeding and research tool. In: *Developments in plant breeding*. Volume 9. Wheat in a Global Environment. Proceedings of the 6th International Wheat Conference, 5–9 June 2000, Budapest, Hungary. Eds.: Bedő, Z.–L. Láng, 285–290, Kluwer academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London.
- Békés, F.–Gras, P. W.–Gupta, R. B. 1994b. Mixing properties as a measure of reversible reduction/oxidation of doughs. *Cereal Chem.* 71. 44–50.
- Békés, F.–Gras, P. W.–Gupta, R. B.–Hickman, D. R.–Tatham, A. S. 1994c. Effects of 1Bx20 HMW glutenin on mixing properties. *J. Cereal Sci.* 19. 3–7.
- Békés, F.–Kemény, S.–Morell, M. K. 2006. An integrated approach to predicting end-product quality of wheat. *Eur. J. Agron* 25. 155–162.
- Békés, F.–Ma, W.–Gale, K. 2002b. QTL analysis of wheat quality traits. *Acta Agronomica* 50. 249–262.
- Békés, F.–Southan, M. S.–Tömösközi, S.–Nanasi, J.–Gras, P. W.–Varga, J.–McCorquodale, J.–Osborne, B. G. 2000. Comparative studies on a new micro scale laboratory mill. In: *Proc. 49. RACI Conference*. Eds.: Panozzo, J. F., Ratcliffe, M., Wootton, M., Wrigley, C.W., 483–487, RACI, Melbourne.
- Békés, F.–Wrigley, C. W. 2002a. Efficient testing of wheat quality at the milligram or megagram level. In: *Wheat Quality Elucidation: The Busbuk Legacy*. Eds.: P. K. W. Ng, C. W. Wrigley, 101–112, American Association of Cereal Chemists Inc., St Paul, MN.
- Békés, F.–Zawistowska, U.–Bushuk, W. 1983a. Lipid-mediated aggregation of gliadin. *Cereal Chem.* 60. 379–380.

- Békés, F. – Zawistowska, U. – Bushuk, W. 1983b. Protein-lipid complexes in the gliadin fraction. *Cereal Chem.* 60. 371–378.
- Békés, F. – Zawistowska, U. – Zillman, R. R. – Bushuk, W. 1986. Relationship between lipid content and composition and LV of 26 common spring wheats. *Cereal Chem.* 63. 327–331.
- Blechl, A. E. – Le, H. Q. – Békés, F. – Gras, P. W. – Shimoni, Y. – Galili, G. – Anderson, O. D. 1997. Applications of molecular biology in understanding and improving wheat quality., Proc. Int. Wheat Quality Conf. Eds.: Steele, J. L., O. K., Chung, 161–172, GfA, Manhattan, Kansas.
- Branlard, G. – Pierre, J. – Rousset, M. 1992. Selection indices for quality evaluation in wheat breeding. *Theor. Appl. Gen.* 84. 57–64.
- Breen, M. – Li, D. – Dunn, D. S. – Békés, F. – Kong, X. – Zhang, J. – Jia, J. – Wicker, T. – Mago, R. – Ma, W. – Bellgard, M. – Appels, R. 2010. Wheat beta-expansin (EXPB1) genes: Identification of the expressed gene on chromosome 3BS carrying a pollen allergen domain. *BMC Plant Biology* 10. 99 1471-2229/10/99.
- Butow, B. J. – Ma, W. – Gale, K. R. – Cornish, G. B. – Rampling, L. – Larroque, O. – Morell, M. K. – Békés, F. 2003. Molecular discrimination of Bx7 alleles demonstrates that a highly expressed high molecular weight glutenin allele has a major impact on wheat flour dough strength. *Theor. Appl. Gen.* 107. 1524–1532.
- Cavanagh, C. R. – Taylor, J. – Larroque, O. – Coombes, N. – Verbyla, A. P. – Nath, Z. – Kutty, I. – Ramplin, L. – Butow, B. – Ral, J. P. – Tomoskozi, S. – Balázs, G. – Békés, F. – Mann, G. – Quail, K. – Southan, M. – Morell, M. K. – Newberry, M. 2010. Sponge and dough bread making: Genetic and phenotypic relationships with wheat quality traits. *Theor. Appl. Gen.* 121. 815–828.
- Chapman, B. – Moolhuijzen, P. – Ma, W. – Bellgard, M. – Zan, Z. – Wang, S. – Juhász, A. – Békés, F. – Appels, R. 2013. Wheat proteogenomics: mapping proteins and grain phenotype to the genome. In: *Proc. 11th Internat. Gluten Workshop, Beijing*. Eds.: He, Z., Wang, D., 2–6. CIMMYT, Mexico City.
- Cornish, G. B. – Békés, F. – Eagles, H. A. – Payne, P. I. 2006. Prediction of dough properties for bread wheats. In: *Gliadin and Glutenin. The Unique Balance of Wheat Quality*. Eds.: C. W. Wrigley, F. Békés, W. Bushuk, 243–280. AACCC Press: St. Paul, MN.
- Cornish, G. B. – Siriamornpun, S. – Skylas, D. – Békés, F. – Wrigley, C. W. – Wootton, M. 2001. HMW and LMW glutenin subunit and gliadin protein markers in genetic maps. *Aust. J. Agric. Res.* 52. 1161–1171.
- Eagles, H. A. – Hollamby, G. J. – Gororo, N. N. – Eastwood, R. F. 2002. Estimation and utilisation of glutenin gene effects from the analysis of unbalanced data from wheat breeding programs. *Aust. J. Agric. Res.* 53. 367–377.
- Fido, R. – Békés, F. – Gras, P. W. – Tatham, A. 1997. The effects of added gliadin classes on the mixing properties and extension of dough. *J. Cereal Sci.* 26. 271–277.
- Gánti T. 1971. *Az élet princípiumai*. Gondolat, Budapest.



- Gras, P. W. – Hibberd, G. E. – Walker, C. E. 1990. Electronic sensing and interpretation of dough properties using a 35-gram Mixograph. *Cereal Foods World* 35: 568.
- Gras, P. W. – O'Brien, L. 1992. Application of a 2g Mixograph to early generation selection for dough strength. *Cereal Chem.* 69: 254–260.
- Gupta, R. B. – Békés, F. – Wrigley, C. W. 1991. Prediction of physical dough properties from glutenin subunit composition in bread wheats: correlation studies. *Cereal Chem.* 68: 328–333.
- Gupta, R. B. – Khan, K. – McRitchie, F. 1993. Biochemical basis of flour properties in bread wheat. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. *J. Cereal Sci.* 18: 23–41.
- Gupta, R. B. – Paul, J. G. – Cornish, G. B. – Palmer, G. A. – Békés, F. – Rathjen, A. J. 1994. Allelic variation in glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1, of common wheats: Its additive and interaction effects on dough properties. *J. Cereal Sci.* 19: 9–19.
- Gupta, R. B. – Shepherd, K. W. 1990. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutenin. I. Variation and genetic control of the subunits in hexaploid wheats. *Theor. Appl. Genet.* 80: 65–74.
- Haraszi, R. – Gras, P. W. – Tömösközi, S. – Salgó, A. – Békés, F. 2004. The application of a micro Z-arm mixer to characterize mixing properties and water absorption of wheat flour. *Cereal Chem.* 81: 555–560.
- He, G. Y. – Rooke, L. – Cannell, M. – Rasco-Gaunt, S. – Sparks, C. – Lamacchia, C. – Békés, F. – Tatham, A. S. – Barcelo, P. – Shewry, P. R. – Lazzeri, P. A. 1998. Current status of transformation in bread and durum wheats and modifications of gluten quality. *Acta Agronomica* 46: 449–462.
- He, G. Y. – Rooke, L. – Békés, F. – Gras, P. W. – Tatham, A. S. – Fido, Barcelo, P. – Shewry, P. R. – Lazzeri, P. A. 1999. Transformation of trihordium with HMW glutenin subunit genes and modification of dough functionality. *Molecular Breeding* 5: 377–386.
- Howitt, C. A. – Tamás, L. – Solomon, R. – Gras, P. W. – Morell, M. K. – Békés, F. – Appels, R. 2003. Modifying flour to improve functionality. In: *Bread making. Improving quality*. Ed.: Cauvain, S. P., 220–252. CRC Press, Boston, New York, USA.
- Jeleca, S. L. – Hlinka, I. 1971. Water-binding capacity of wheat flour crude pentosans and their relation to mixing characteristics of dough. *Cereal Chem.* 48: 211–222.
- Juhász, A. – Tamás, L. – Karsai, I. – Vida, Gy. – Láng, L. – Bedő, Z. 2001. Identification, cloning and characterisation of a HMW-Glutenin gene from an old Hungarian wheat variety, Bánkúti 1201. *Euphytica* 119: 75–79.
- Juhász, A. – Király, I. – Larroque, O. R. – Tamás, L. – Zeller, F. J. – Békés, F. – Bedő, Z. 2002. Importance of old wheat varieties and landraces in storage protein analysis. In: *Proceedings of the 52nd Australian Cereal Chemistry Conference*. Eds.: C. K. Black, J. F. Panozzo, C. W. Wrigley, I. L. Batey, N. Larsen, 210–214.
- Juhász, A. – Gárdonyi, M. – Tamás, L. – Bedő, Z. 2003a. Characterisation of the promoter region of Glu-1Bx7 gene from overexpressing lines of an old Hungarian wheat variety. In:

- Proceedings of the 10th International Wheat Genetic Symposia*. Eds.: N. E. Pogna, M. Romano, E. A. Pogna, Galterio, G. 1348–1350, Roma.
- Juhász, A. – Gell, Gy. – Békés, F. – Balázs, E. (2012) The epitopes in wheat proteins for defining toxic units relevant to human health. *Funct. Integr. Genomics* 12. 585–598.
- Juhász, A. – Larroque, O. – Tamás, L. – Hsam, S. K. L. – Zeller, F. – Békés, F. – Bedő, Z. 2003b. Bánkúti 1201 – an old Hungarian wheat variety with special storage protein composition. *Theor. Appl. Genet.* 107. 697–704.
- Kárpáti, M. – Békés, F. – Smied, I. – Lásztity, R. – Mosony, A. – Őrsi, F. 1990. Investigation of the relationships between wheat lipids and baking properties. *Acta Alim.* 19. 237–260.
- Kovács, A. – Rakszegi, M. – Láng, L. – Ma, W. – Békés, F. – Bedő, Z. 2013. Application of a rapid electrophoresis technique analysing the glutenin subunit composition of wheat genotypes. *Cereal Res. Comm.* DOI: 10.1556/CRC.2013.0010.
- Lawrence, G. J. – MacRitchie, F. – Wrigley, C. W. 1988. Dough baking and baking quality of wheat lines different in glutenin subunits controlled by the *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1* loci. *J. Cereal Sci.* 21. 109–112.
- Lee, Y. K. – Békés, F. – Gras, P. W. – Appels, R. – Morell, M. 1999. The low molecular weight glutenin subunit proteins of primitive wheats. IV. Functional properties of products from individual genes. *Theor. Appl. Gen.* 98. 149–155.
- Metakovsky, E. V. – Novoselskaya, A. Y. – Kopus, M. M. – Sobko, T. A. – Sozinov, A. A. 1994. Blocks of gliadin components in winter wheat detected by one-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis. *Theor. Appl. Genet.* 67. 559–568.
- Millar, S. J. – Snape, J. – Ward, J. – Shewry, P. R. – Belton, P. – Boniface, K. – Summers, R. 2008. Investigating wheat functionality through breeding and end use (FQS 23) HGCA, *Project Report* 429. 1–58. HGCA, London.
- Morgounov, A. I. – Belan, I. – Zelenskiy, Y. – Roseeva, L. – Tömösközi, S. – Békés, F. – Abugaliyeva, A. – Cakmak, I. – Vargas, M. – Crossa, J. 2013. Historical changes in grain yield and quality of spring wheat varieties cultivated in Siberia from 1900 to 2010. *Can. J. Plant Sci.* 93. 425–433.
- Orth, R. A. – Bushuk, W. 1972. A comparative study of the proteins of wheats of diverse baking properties. *Cereal Chem.* 49. 268–275.
- Osborne, T. B. 1907. The proteins of the wheat-kernel. *Publication* 84. Carnegie Institution, Washington, DC.
- Oszvald, M. – Balázs, G. – Tömösközi, S. – Békés, F. – Tamás, L. 2011. Comparative study of the effect of incorporated individual wheat storage proteins on mixing properties of rice and wheat dough. *J. Agric. Food Chem.* 59. 9664–9672.
- Oszvald, M. – Balázs, G. – Pólya, S. – Tömösközi, S. – Appels, R. – Békés, F. – Tamás, L. 2013. Wheat Storage Proteins in Transgenic Rice Endosperm. *J. Agric. Food Chem.* 61. 7606–7614.
- Panozzo J. F. – O'Brien L. – MacRitchie, F. – Békés, F. 1993. Baking quality of Australian wheat cultivars varying in their free lipid composition. *J. Cereal Sci.* 11. 51–57.

- Payne, P. I. 1987. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 38. 141–153.
- Payne, P. I. – Nightingale, M. A. – Krattiger, A. F. – Holt, L. M. 1987. The relationships between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of british-grown wheat-varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40. 51–65.
- Quail, K. – Yun, S. – Partridge, S. – Békés, F. 2000. Noodle-quality studies on a new small-scale noodle-making equipment. *Proc. 6th International Wheat Conference*, Budapest.
- Rakszegi, M. – Balázs, G. – Békés, F. – Harasztos, A. – Kovács, A. – Láng, L. – Bedő, Z. – Tömösközi, S. 2014. The contribution of soluble proteins and arabinoxylans to water absorption of wheat flour. *Cereal Res. Comm.* (in press).
- Rakszegi, M. – Békés, F. – Láng, L. – Tamás, L. – Shewry, P. R. – Bedő, Z. 2005. Technological quality of transgenic wheat expressing an increased amount of a HMW glutenin subunit. *J. Cereal Sci.* 42. 15–23.
- Rakszegi, M. – Kárpáti, M. – Lásztity, R. – Bedő, Z. 1999. Study of the LMW glutenin subunits of some old Hungarian wheat cultivars. *Cereal Res. Commun.* 27. 293–299.
- Rakszegi, M. – Scholz, É. – Kárpáti, M. – Ganzler, K. – Lásztity, R. – Bedő, Z. 2000. Study of the LMW glutenin composition of some old Hungarian wheat cultivars using capillary electrophoresis. *Cereal Res. Commun.* 28. 417–424.
- Rath, C. R. – Gras, P. W. – Zhonglin, Z. – Appels, R. – Békés, F. – Wrigley, C. W. 1995. A prototype extension tester for two-gram dough samples. *Proc. 44. Annual RACI Conference*, Ballarat. Eds.: Panozzo, J. F., Downie, P. G., 122–126, RACI, Melbourne.
- Rooke, L. – Békés, F. – Fido, R. – Barro, F. – Gras, P. – Tatham, A. S. – Barcelo, P. – Lazzeri, P. – Shewry, P. R. 1999a. Over-expression of a gluten protein in transgenic wheat results in greatly increased dough strength. *J. Cereal Sci.* 30. 115–120.
- Rooke, L. – Barro, F. – Tatham, A. S. – Fido, R. – Steele, S. – Békés, F. – Gras, P. W. – Martin, A. – Lazzeri, P. A. – Shewry, P. R. – Barcelo, P. 1999b. Altered functional properties of tritoridium by transformation with HMW glutenin subunit genes. *Theor. Appl. Gen.* 99. 851–858.
- Rooke, L. – Steele, S. H. – Barcelo, P. – Shewry, P. R. – Lazzeri, P. A. 2003. Transgene inheritance, segregation and expression in bread wheat. *Euphytica* 129. 301–309.
- Shewry, P. R. – D'Ovidio, R. – Lafiandra, D. – Jenkins, J. A. – Mills, N. F. – Békés, F. 2006a. Wheat grain proteins. In: *Wheat Chemistry and Technology*. Eds.: Khan, K., Shewry, P. R., 223–298, AACC Press: St. Paul, MN.
- Shewry, P. R. – Lafiandra, D. – Tamás, L. – Békés, F. 2006c. Chapter 12 Genetic manipulation of gluten structure and function. In: *Gliadin and glutenin. The unique balance of wheat quality*. Eds.: Wrigley, C. W., Békés, F., Bushuk, W., 363–386, AACCI Press, St Paul, Min., USA.
- Shewry, P. R. – Powers, S. – Field, J. M. – Fido, R. J. – Jones, H. D. – Arnold, G. M. – West, J. – Paul, A. – Lazzeri, P. A. – Barcelo, P. – Barro, F. – Tatham, A. S. – Békés, F. – Butow, B. – Darlington, H. 2006b. Comparative field performance over 3 years and two sites of

- transgenic wheat lines expressing HMW subunit transgenes. *Theor. Appl. Genet.* 113. 128–136.
- Shewry, P. R. – Tatham, A. S. – Fido, R. J. – He, G. Y. – Rooke, L. – Barro, F. – Lamacchia, C. – Di Fonzo, N. – Békés, F. – Barcelo, P. – Lazzeri, P. A. 2000. Exploring and manipulating the structures and functional properties of wheat seed proteins. In: Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. *Option Mediterraneennes* 40. 469–475.
- Sissons, M. J. – Békés, F. – Skerriitt, J. H. 1997. Isolation and functionality testing of LMW glutenin subunits. *Cereal Chem.* 75. 30–36.
- Sollid, L. M. – Qiao, S. W. – Anderson, R. P. – Gianfrani, C. – Koning, F. 2012. Nomenclature and listing of celiac disease relevant gluten T-cell epitopes restricted by HLA-DQ molecules. *Immunogenetics* 64. 455–460.
- Suter, D. A. I. – Békés, F. 2012. *Wheat immunoreactivity*. Australian Patent AU2011000468 <http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=HU&NR=AU2011000468>.
- Tamás, L. – Békés, F. – Greenfield, J. – Tatham, A. – Gras, P. – Shewry, P. – Appels, R. 1997. Heterologous expression and mixing studies on genetically modified C- Hordeins. *J. Cereal Sci.* 27. 15–22.
- Tamás, L. – Gras, P. W. – Solomon, R. G. – Morell, M. K. – Appels, R. – Békés, F. 2002. Chain extension and termination as a function of cysteine content and the length of the central repetitive domain in storage proteins. *J. Cereal Sci.* 36. 313–325.
- Tamás, L. – Shewry, P. R. 2006. Heterologous expression and protein engineering of wheat gluten proteins. *J. Cereal Sci.* 37. 255–265.
- Tosi, P. – D'Ovidio, R. – Napier, J. A. – Békés, F. – Shewry, P. R. 2004. Expression of epitope-tagged LMW glutenin subunits in the starchy endosperm of transgenic wheat and their incorporation into glutenin polymers. *Theor. Appl. Genet.* 108. 468–476.
- Tosi, P. – Masci, S. – Giovangrossi, A. – D'Ovidio, R. – Békés, F. – Larroque, O. – Napier, J. – Shewry, P. R. 2005. Modification of the low molecular weight (LMW) glutenin composition of transgenic durum wheat: effects on glutenin polymer size and gluten functionality. *Mol. Breeding* 16. 113–126.
- Tömösközi, S. – Békés, F. – Haraszi, R. – Gras, P. W. – Varga, J. – Salgó, A. 2002. Application of Micro Z-arm mixer in wheat research – Effects of protein addition on mixing properties of wheat dough. *Periodica Polytechnica* 46. 11–28.
- Tömösközi, S. – Szendi, Sz. – Bagdi, A. – Harasztos, A. – Balázs, G. – Appels, R. – Békés, F. 2012. New possibilities in micro-scale wheat quality characterisation: micro-gluten determination and starch isolation. In: *Proc. 11th Internat. Gluten Workshop, Beijing*. Eds.: He, Z., Ang, D., 123–126, CIMMYT, Mexico City.
- Tömösközi, S. – Varga, J. – Gras, C. W. – Rath, C. – Salgó, A. – Nanasi, J. – Fodor, D. – Békés, F. 2001. Scale down possibilities in development of dough testing methods. In: *Wheat Gluten*. Eds.: Shewry, P. R., Tatham, A. S., 321–325, Royal Soc. Chem., Cambridge, UK.

- Uthayakumaran, S.–Gras, P. W.–Stoddard, F. L.–Békés, F. 1999. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chem.* 76. 389–394.
- Uthayakumaran, S.–Gras, P. W.–Stoddard, F. L.–Békés, F. 2000a. Optimising extension and baking conditions to study the effects of glutenin composition on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chem.* 77. 731–736.
- Uthayakumaran, S.–Newberry, M.–Keentok, M.–Stoddard, F. L.–Békés, F. 2000c. Basic rheology of bread dough with modified protein content and glutenin-to-gliadin ratio. *Cereal Chem.* 77. 744–749.
- Uthayakumaran, S.–Stoddard, F. L.–Gras, P. W.–Békés, F. 2000b. Effects of incorporated glutenins on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chem.* 77. 737–743.
- Uthayakumaran, S.–Tömösközi, S.–Tatham, A. S.–Savage, A. W. J.–Gianibelli, M. C.–Stoddard, F. L.–Békés, F. 2002. Effects of gliadin fractions on functional properties of wheat dough depending on molecular size and hydrophobicity. *Cereal Chem.* 78. 138–141.
- Vida, Gy.–Bedő, Z.–Láng, L.–Juhász, A. 1998. Analysis of the quality traits of a Bánkúti 1201 population. *Cereal Research Communications* 26. 313–320.
- Vu, N. T.–Chin, J.–Pasco, J. A.–Kovács, A.–Wing, L. W.–Békés, F.–Suter, D. A. I. 2014. The prevalence of wheat and spelt sensitivity in a randomly selected Australian population. *Cereal Res. Comm.* (in press).
- Wrigley, C. W.–Békés, F.–Bushuk, W. 2006. Chapter 1. Gluten: A balance of gliadin and glutenin. In: *Gliadin and glutenin. The unique balance of wheat quality*. Eds.: Wrigley, C.W., Békés, F., Bushuk, W., 3–33. AACCI Press, St Paul, Min., USA.
- Wrigley, C. W.–Tömösközi, S.–Békés, F. 2011. Hungarian-Australian Collaborations in Flour Milling and Test Milling over 120 Years. *Cereal Research Communications* 39. 216–225.



Erly Janos  
Dobrádichy József

Manuel Guzman

Fabian

Fabian  
Nagy

Teljeskörű Nagygyűlés! Nagy Samu  
N. Pólya Pólya  
Egy 2201:

Polka Riedl  
aus 2201:

Terintetes vagy gyűlés. A Polgár  
Emlia felemelő szabályainak 32. és 33. szót.  
Mindem szövegem választott tag, a külső kivétel  
lével, az előzőbe tartozó dolgozat felolvasásával,  
vagy személyes megem. jelenhetés esetén beküldés  
szél, legfeljebb egy év alatt szét foglalt; külsőben meg  
választására megem. misztion.

egy felemelyes úr  
ével, legfeljebb egy év alatt szorítkozhat.  
Lehetetlen esetek, melyekben kivált vidéken la-  
kör gátolhatná a határidőt megtartását, amennyi-  
tag elvénei e szabály meg nem tartatását, de hallgat-  
less, mint örvös szabályzatunkat erőltetve tekintet-  
et következve ügyelre figyelmeztetnünk J. Aradon-  
át sürősegtelen.  
Indoklásunkba hozzuk tehát, hogy egyetlen a  
állott s szűzfoglalás által meg nem  
hál kitörőltessük, az 186

Indoklásnyba hozatik tehát, hogy egyelőre az  
szélfoglalás által meg nem  
hát kitöröltesse, az 186

